Aus der Universitäts-Klinik für Zahn- und Mundkrankheiten, Rostock.
Direktor: Professor Dr. med. et phil. et med. dent. h. c. Moral

Ueber Versuche kariöses Dentin makroskopisch nachzuweisen

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde

einer

Hohen Medizinischen Fakultät der Universität

Rostock

vorgelegt von

Hermann Sobisch
Zahnarzt aus Rostock i. Meckl.

Rostock
Carl Hinstorffs Hofbuchdruckerei
1929

Referent:

Professor: Dr. med. et phil. et med. dent. h. c. Moral

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet.

Ueber Versuche, kariöses Dentin makroskopisch nachzuweisen.

Die Karies der Zähne ist ein Prozeß, bei dem die Zahnsubstanz langsam zerstört wird. Da die Zahnsubstanzen aus einer verkalkten Eiweißkollagenverbindung bestehen, zerfällt der Zerstörungsprozeß in zwei sich nebeneinander abspielende Vorgänge, die Auflösung des Kalkes durch Säuren und die Auflösung des übrigbleibenden Zahnknorpels durch Bakterienfermente. So äußert sich Kantorowicz zu diesem Problem und stellt sich auf den schon von Miller vertretenen Standpunkt.

In ähnlichem Sinne läßt Euler sich aus, wenn er sagt: Bei der Karies der Zähne handelt es sich um einen in der übergroßen Zahl der Fälle rein lokalen Prozeß, der völlig unabhängig ist von dem sonstigen körperlichen Befinden. Er verläuft nicht unter dem Bilde der Entzündung, sondern beruht auf einer Zerstörung der Zahngewebe, die meist am Schmelze beginnt und durch die Wirkung von Bakterien bedingt ist.

Für die Beantwortung der in der vorliegenden Arbeit zu behandelnden Frage erschien es uns angebracht, auf die Aetiologie der Karies, wenn auch nur in den das Thema unmittelbar betreffenden Punkten, einzugehen und die Ansicht einiger Autoren hierüber wiederzugeben. Wertvoll hierfür waren die Ausführungen Euler's in seinem Lehrbuch der Zahnheilkunde.

Euler unterscheidet zwischen prädisponierenden und exzitierenden Ursachen der Karies. Die prädisponierende Causa bringt die Erkrankung noch nicht zustande, durch sie ergibt sich nur eine Krankheitsbereitschaft. Die Wirkung der exzitierenden Ursachen kann

viel leichter eintreten, wenn eine Disposition für Karies vorliegt.

Von großer Bedeutung für die Aetiologie der Karies ist die Frage des Stoffwechsels im Schmelze. Die Meinungen hierüber sind durchaus nicht übereinstimmend. Einige Autoren sind der Ansicht, daß im Schmelze ein Stoffwechsel stattfindet, andere stellen sich auf den entgegengesetzten Standpunkt.

Walkhoff und Kantorowicz vertreten die letztere Meinung, die Euler aber mit dem Hinweis auf die Tatsache zu widerlegen versucht, daß sich an der Schmelzdentingrenze kolbenförmige und gerade Fortsätze finden, die von den Dentinkanälchen in den Schmelz hineingehen und dort büschelförmige Fortsätze bilden, welche von der Schmelzdentingrenze in den Schmelz ausstrahlen. Auch Morgenstern widerspricht Walkhoff und Kantorowicz, indem er Spurstreifen und tangentiale Ernährungsbahnen im Schmelze beschrieb. Kantorowicz erklärt die Morgenstern'schen Bilder als Kunstprodukte, als Sprünge, die beim Schleifen entstanden sind. Römer und Preiswerk deuten die kolbenförmigen und geraden Fortsätze als Nervenendkörperchen. Fischer und Boedecker halten die büschelförmigen Fortsätze für ausgefaserte Dentinkanälchen, die als Ernährungsbahnen des Schmelzes gedeutet werden müssen. Kantorowicz nimmt dagegen an, daß es sich hierbei um unverkalkte Schmelzprismen handelt, die in gedrehter Lage angeordnet sind. Auch Orbàn hält den Schmelz für ein Gebilde ohne Stoffwechsel. Nach ihm ist das letzte Produkt der Schmelzzellen das primäre Schmelzoberhäutchen, ein kutikularer Saum der Ameloblaßten. Wenn es sich verkalkt, unterscheidet es sich nur wenig vom darunterliegenden Schmelz. Bei Entkalkung kann es, wie der Schmelz, zugrunde gehen. Das sekundäre Schmelzoberhäutchen oder die Cuticula dentis ist eine Hornsubstanz, ein Umwandlungsprodukt des äußeren Schmelzepithels bzw. des Epithelansatzes und ist als regelmäßiger Befund zu betrachten. Die

Bildung der Cuticula ist für den Zahn von Vorteil und kann nicht auf pathologische Ursachen zurückgeführt werden. Ihr Auftreten ist eher ein physiologischer Vorgang.

Ueber den Kalkstoffwechsel in den Zahngeweben sind verschiedentlich Versuche gemacht worden. Gottlieb hat Untersuchungen mittels vitaler Färbung angestellt, indem er Hunde vom Beginne des Zahndurchbruchs ab drei Monate lang mit Krapp gefüttert hat. Hierüber berichtet er folgendes: „Schliffe durch Zähne nach dieser Fütterungsperiode zeigen eine intensive Rotfärbung des neugebildeten Dentins in konzentrischer Anordnung um die Pulpa. Im alten Dentin sieht man, soweit die Dentinkanälchen angeschliffen sind, rotgefärbte Kalksalze in denselben. Das gleiche sieht man an der Schmelzdentingrenze und im Schmelz. Hiermit ist der Beweis erbracht, daß sich Kalksalze in dem Schmelz ablagern und daß diese Kalksalze aus dem Dentin in den Schmelz einwandern." Weiter hat er sowohl einem ganz jungen als auch einem eineinhalb Jahre alten Hunde durch längere Zeit subcutan und intravenös einprozentige Lösungen von alizarinsulfosaurem Natrium injiziert. Dieser Farbstoff färbt elektiv die kalkhaltigen Gewebe, ist also für diese ein vitaler Farbstoff. Man findet die an die Pulpahöhle unmittelbar angrenzenden Partien intensiv violett gefärbt, die Intensität nimmt gegen die Peripherie ab. Die Färbung hört aber an der Schmelzdentingrenze nicht auf, sondern der Schmelz ist ebenfalls violett gefärbt. Der fertige Schmelz ist also nach Ansicht Gottlieb's kein totes Gebilde, und es gelangen Saftströme aus dem Dentin in den Schmelz.

Aehnliche Experimente hat auch Proell angestellt.

Aus diesen Untersuchungen folgert Gottlieb, wie schon erwähnt, den Nachweis eines Kalkstoffwechsels im Zahne, und zwar nicht nur im wachsenden, sondern auch im ausgebildeten Zahne, wodurch die Ansicht Walkhoff's als nicht mehr haltbar anzusehen sei.

Nach unserer Meinung beweisen diese Tatsachen aber nicht eindeutig genug den Kalkstoffwechsel im Zahne. Sie sind höchstens insofern zu verwerten, als durch sie gezeigt wurde, daß die bei den Versuchen verwendeten Stoffe durch Diffusion in den Schmelz eingedrungen sind.

Der Schmelz ist unseres Erachtens — ebenso wie z. B. über die Haut hinausgewachsene Fingernägel oder aus der Haut herausgetretene Haare — ein Gewebe ohne Stoffwechsel, das zu 98 % aus anorganischer und nur zu 2 % aus organischer Substanz besteht.

Diese Ausführungen mögen genügen, die Frage des Stoffwechsels im Schmelze hinreichend beleuchtet und unsere Stellungnahme hierzu gekennzeichnet zu haben.

Bezüglich der auslösenden Ursachen für das Zustandekommen der Karies stehen sich heute zwei Theorien, die chemisch-parasitäre und die rein parasitäre gegenüber. Miller wies als erster durch eingehende Untersuchungen nach, daß in der Mundhöhle Gärungsvorgänge stattfinden, durch welche kohlehydrathaltige zwischen und an den Zähnen hängengebliebene Speisereste eine Gärung eingehen, die zur Produktion von Milchsäure und ähnlichen organischen Säuren Anlaß gibt. Die Milchsäure entkalkt zunächst den Schmelz, und nun können die in der Mundhöhle stets in reicher Menge vorhandenen Bakterien das Eiweiß und die eiweißartigen Substanzen auflösen.

Miller äußert sich hierüber folgendermaßen: „Die Zahnkaries ist ein chemisch-parasitärer Vorgang, bestehend aus zwei deutlich ausgeprägten Stadien, der Entkalkung resp. Erweichung des Gewebes und der Auflösung des erweichten Rückstandes. Beim Schmelz fällt jedoch das zweite Stadium fort, die Entkalkung des Schmelzes bedeutet dessen vollständige Vernichtung."

Er fährt fort: „Nachdem wir die Gärungsvorgänge im Munde besprochen haben, ist die Quelle der zur Erweichung des Gewebes notwendigen Säure nicht schwer zu bestimmen. Es sind vorzugsweise die in

den Kariesherden steckengebliebenen stärke- und zuckerhaltigen Speisereste, welche durch Gärung Säure bilden."

Das Vorhandensein saurer Reaktion in kariösen Höhlen und Kariesherden läßt sich durch ein einfaches Mittel (blaues Lackmuspapier) konstatieren. Die Probe darf nicht an der Oberfläche, sondern muß nach Entfernung der äußeren Speiseteile in den tieferen Schichten gemacht werden.

„Das zweite Stadium der Zahnkaries, die Auflösung des erweichten Zahnbeines, wird durch Pilze bewirkt. Wir haben gesehen, daß viele Mundpilze die Fähigkeit besitzen, Eiweiß und eiweißartige Substanzen aufzulösen, zu peptonisieren resp. in eine lösliche Modifikation umzuwandeln. Wir haben ferner gesehen, daß die Grundsubstanz des Zahnbeins aus einer eiweißhaltigen Masse besteht. Die Erklärung des zweiten Stadiums der Karies liegt also auf der Hand, zumal die Auflösung des entkalkten Zahnbeins durch Pilze mikroskopisch direkt nachweisbar ist und experimentell beobachtet werden kann. Man hat die Auflösung des Zahnknorpels als Fäulnis bezeichnet, eigentlich eine schlecht gewählte Bezeichnung, da bei einer Zahnhöhle, in welcher der kariöse Prozeß wirklich im Gange ist, charakteristische Merkmale der Fäulnis (die alkalische Reaktion und übler Geruch) ganz und gar fehlen. Das kariös werdende Zahnbein zeigt eine saure Reaktion und säuerlichen Geruch. Dieses Stadium der Zahnkaries ist also ein Verdauungsprozeß. Der Zahnknorpel wird von dem pepsinähnlichen Ferment gelöst wie Eiweiß durch das Pepsin des Magensaftes."

Von den Anhängern der rein parasitären Theorie wird der Miller'schen Ansicht entgegengehalten, daß auch die Gärung von Kohlehydraten oder die Fäulnis eiweißartiger Substanzen auf die Wirkung von Bakterien zurückzuführen seien.

Preiswerk äußert sich zu dieser Frage so: „Logischer Weise müssen alle gewöhnlichen Kariesvorgänge, auch wenn sie mit Säurebildung aus im

Munde vorkommenden Kohlehydraten einhergehen, als rein parasitär angesehen werden, da sie das Produkt von Bakterienleistung sind."

Die heute herrschende Meinung stellt sich aber auf den von Miller zuerst vertretenen Standpunkt der chemisch-parasitären Theorie. Die von Lohmann aufgestellte Mucintheorie ist sicher ernst zu nehmen, hat aber erheblich begründeten Widerspruch gefunden. Die elektrische Theorie will das Zustandekommen der Karies dadurch erklären, daß durch schwache elektrische Ströme Säure gebildet wird, wenn z. B. elektropositive und elektronegative Metalle bei Füllungen gleichzeitig in der Mundhöhle vorhanden sind. Sie ist mit Recht abgelehnt worden.

Der Vorgang, der sich bei der Zerstörung des Dentins abspielt, ist ein anderer als bei der Schmelzkaries. Bei dieser kommt nur die Säurewirkung in Betracht, weil die organische Substanz im Schmelze, wie schon erwähnt, ganz zurücktritt. Bei der Dentinkaries muß aber nach der Entkalkung auch das organische Gewebe zerstört werden. Dieser Vorgang wird von Mikroorganismen bewirkt, und zwar von aëroben, anaëroben und fakultativ anaëroben Bakterien. Kantorowicz, der diesbezügliche Untersuchungen vornahm, stellte fest, daß in die Tiefe des Dentins nur fakultative Anaërobier, wie z. B. Streptokokken, Staphylokokken, und das Bakterium nekrodentalis eindringen.

Goadby unterschied die bei der Dentinkaries in Betracht kommenden Bakterien in säureproduzierende und dentinlösende. Als säureproduzierend bezeichnete er z. B. den Staphylokokkus aureus, den Staphylokokkus citreus, den Staphylokokkus albus, den Streptokokkus necrodentalis und ähnliche, als dentinlösend das Bakterium subtilis, das Bakterium mesentericus ruber, das Bakterium pyogenes gingivae, das Bakterium plexiformis u. a.

Um die bisherigen Ausführungen noch einmal kurz zu rekapitulieren, so ergibt sich, daß bei der Schmelzkaries nur Säurewirkung in Betracht kommt, durch die

der Schmelz vollständig zerfällt. Bei der Dentinkaries aber handelt es sich in der Tiefe um säureproduzierende Bakterien, die das Zahnbein entkalken unter Zurücklassung der organischen Grundsubstanz, die von eiweißlösenden Bakterien bzw. deren Fermenten zur Auflösung gebracht wird.

Diese Ausführungen mögen gezeigt haben, daß die Zahnkaries, der Ansicht Miller's folgend, immer noch als chemisch-parasitärer Prozeß aufzufassen ist.

Im folgenden soll nun auf die Untersuchungen, die im Rahmen des vorliegenden Themas notwendig waren, eingegangen werden.

Die Karies eines Zahnes erkennen wir an der gelblichen oder bräunlichen Verfärbung des Schmelzes, oder wenn sie in die tieferen Schichten des Zahnes eingedrungen ist, an der braunen Farbe und der weichen Konsistenz des sonst harten Dentingewebes. Da es zur konservierenden Behandlung eines kariskranken Zahnes der restlosen Entfernung der kariösen Substanz bedarf, ist es unbedingt nötig, die kariösen Herde aus der kranken Höhle soweit zu entfernen, bis wir auf gesunden Schmelz oder auf gesundes Dentin stoßen. Wir sind gewohnt, makroskopisch diese Tatsache aus der im Gegensatz zur Karies helleren Farbtönung des nicht mehr kariösen Gewebes zu entnehmen und mit der Sonde zu eruieren, ob der Schmelz oder das Dentin hart und unnachgiebig ist. Hören wir beim Sondieren des untersuchten Zahngewebes ein klingendes Geräusch, so nehmen wir an, daß die kariösen Massen beseitigt sind und die Zahnhöhle zur Aufnahme der Füllung genügend präpariert ist. Eine genaue Kontrolle aber haben wir nicht, wann dieser Zeitpunkt eingetreten ist. Es wird immer auf die mehr oder weniger große Uebung und das Gutdünken des Praktikers ankommen, zu entscheiden, ob von dem Gewebe des fraglichen Zahnes noch etwas geopfert werden muß oder nicht. Im allgemeinen soll man ja auch bei der Präparation einer kariösen Höhle, besonders bei der Schmelzkaries, nicht zu sparsam mit der die Karies

umgebenden Substanz schon wegen des Herausarbeitens von Haftpunkten für die Füllung sein. Bei der Dentinkaries können aber doch gewisse Erwägungen die Forderung vernotwendigen, nicht mehr von dem umgebenden gesunden Zahnbein wegzunehmen, als unumgänglich nötig ist. Wenn z. B. die Karies bis kurz vor das Pulpenhorn vorgedrungen, die Pulpa selber aber noch nicht pathologisch verändert ist, was leicht festzustellen wäre, so ist es oft mit dem bloßen Auge und der Sonde kaum erkennbar, wann das kranke Gewebe hinreichend entfernt oder mit anderen Worten, in welchem Augenblick das gesunde Dentin zu Tage getreten ist. Noch einige wenige Umdrehungen des Bohrers genügen bisweilen, in solchen Grenzfällen schon zu viel von dem die Pulpa schützenden Dentin weggenommen zu haben. Die Pulpa ist dann, ohne daß es unbedingt nötig gewesen wäre, vielleicht freigelegt und für den Zahn nicht mehr zu erhalten. In einem solchen Falle wäre es wünschenswert, ein Verfahren zur Hand zu haben, mit welchem einwandfrei festgestellt werden könnte, wie weit die Karies in das Dentin eingedrungen ist. Ausgehend von der Tatsache, daß einige Metallsalze sehr leicht und schnell durch organisches Gewebe mit einem Farbniederschlag reduziert werden, ein Vorgang, der auch in der mikroskopischen Technik zur Färbung benutzt wird, wie z. B. die Bielschowsky'sche Silberimprägnierung, machten wir es uns zur Aufgabe, diesbezügliche Untersuchungen bei der Karies von Dentin anzustellen. Irgendwelche nähere Andeutungen oder Hinweise auf den hier dann eingeschlagenen Weg wurden aber in der Literatur nicht gefunden, außer daß von Euler Schmelzkaries mit Safranin gefärbt und dem Auge mikroskopisch kenntlich gemacht worden ist. Wie schon vorher erwähnt, wird im Gegensatz zur Schmelzkaries bei der Dentinkaries nach der Entkalkung die beträchtliche organische Substanz zerstört; es bilden sich hierbei Zerfallsprodukte von Eiweiß, die auf gewisse Metallsalze eine reduzierende Wirkung ausüben. In unserem Falle

wurden Osmiumtetroxyd, gewöhnlich als Osmium- oder Ueberosmiumsäure bezeichnet, Goldchlorid, Silbernitrat, Kupferchlorür, Cobaltchlorür und Selen-Alkali verwandt. Um überhaupt zu erproben, ob dieser Weg zum Ziele führen könnte, wurden zunächst Vorversuche an frisch extrahierten Zähnen mit Dentinkaries angestellt, die im folgenden berichtet werden sollen.

1.

Vorversuch mit Osmiumsäure.

Ein tiefkariöser unterer Molar ist sagittal durchschnitten worden, so daß die Schnittfläche mitten durch die kariöse Stelle hindurchgeht. Hierdurch wurde ersichtlich, daß die Karies außer dem Schmelz das Dentin zerstört hatte und bis an die Pulpenkammer reichte. Nachdem die kariösen Partien trocken getupft und die oberflächliche Karies mit dem Excavator entfernt worden war, wurde 2-prozentige Osmiumsäure auf die zu untersuchenden Stellen mit einem Wattebausch getupft. Zur Kontrolle wurde auch über das makroskopisch als gesund erachtete Dentin mit dem Osmiumsäurebausch gewischt. Die Karies färbte sich augenblicklich schwarz, das nicht kariöse Dentin behielt aber seine ursprüngliche Farbe. Die schwarze Verfärbung des kariösen Dentins erklärt sich als Niederschlag metallischen Osmiums infolge der Reduktion der Osmiumsäure durch das mit Karies infizierte Gewebe. Das feste, nicht kariöse Dentin übte keine reduzierende Wirkung auf die Osmiumsäure aus, so daß eine mit bloßem Auge gut wahrnehmbare, scharfe Grenze auf Grund des Farbunterschiedes entstand.

2.

Vorversuch mit Goldchloridlösung.

Als Versuchsobjekt wurde ein Prämolar mit einer distalen Schmelzdentinkaries verwandt. Die kranke Zahnhöhle wurde mit Watte trocken getupft, und die kariösen Schichten wurden an einer Stelle zum Ver-

gleich entfernt, bis hartes, hellfarbenes Dentin sichtbar wurde. Hierauf wurde mit einem kleinen Wattetupfer 1-prozentige Goldchloridlösung auf die Untersuchungsstelle appliziert. Es zeigte sich hierdurch leidlich sichtbar eine braune Verfärbung der kariösen Dentinmassen, die auf eine Reduktion des Goldchlorids durch das kariöse Gewebe zurückzuführen ist. Die braune Farbe ist der Niederschlag metallischen Goldes. Das nicht kariöse Dentin veränderte seine Farbe nicht, was sich dadurch erklärt, daß das Goldchlorid von der harten intakten Substanz nicht reduziert wurde. Um die Farbunterschiede noch deutlicher zu machen, wurde das in Frage kommende Gebiet nun noch mit einer stark reduzierenden Substanz, mit 40-prozentiger Formalinlösung, betupft. Hierdurch wurde in der Tat ein viel intensiveres Resultat erzielt. Das kariöse Dentin, das schon, wie oben erwähnt, eine reduzierende Wirkung auf das Chlorgold durch eine wahrnehmbare Braunfärbung ausgeübt hatte, färbte sich im Augenblick, durch die reduzierende Kraft des Formalins wirksam unterstützt, tiefdunkel. Das nicht kariöse Dentingewebe behielt auch jetzt seine normale Farbe. Bei diesem Versuch war also auch eine gut sichtbare Demarkationslinie zwischen kariösem und gesundem Dentin zu beobachten.

3.

Vorversuch mit Silbernitrat.

Ein tief zerstörter Molar wurde sagittal durchschnitten, so daß kariöses und nicht kariöses Dentin auf einer Ebene nebeneinander lagen. In die mit Watte getrocknete Schnittfläche wurden feine Silbernitratkristalle mit einem kugelförmigen, gut gesäuberten Amalgamstopfer in der Art festhineingerieben, daß das Silbernitrat sowohl das kariöse als auch das gesunde Dentingewebe bedeckte. Das kariöse Dentin verfärbte sich dunkelgelb, ein Zeichen des Anfanges der Reduktion des Silbernitrats durch das kranke Gewebe. Das gesunde Zahnbein reduzierte das Silbernitrat nicht.

Eine scharf abgesetzte Grenzlinie zwischen beiden Partien war aber nicht hervorgetreten. Diese Wirkung konnte erst durch Applikation von 40-prozentiger Formalinlösung, die das Silbernitrat mit dunkler Farbe über dem kariösen Teile reduzierte, herbeigeführt werden. Der dunkle Niederschlag ist metallisches Silber.

4.

Vorversuch mit Kupferchlorür.

Für diesen Versuch diente ein oberer Prämolar mit tiefer Dentinkaries. Nach oberflächlicher Trocknung der kariösen Höhle wurden die feinen Kupferchlorürkristalle mit einem gut gesäuberten Amalgamstopfer in sie hinein verrieben. Die Karies reduzierte das Kupferchlorür jetzt noch nicht sichtbar. Nach Betupfen mit 40-prozentiger Formalinlösung zeigte sich aber nach ein bis zwei Minuten eine schwach grünliche Verfärbung des kariösen Dentins als Beweis der durch die Formalinlösung eingeleiteten Reduktion des Kupferchlorürs. An der Stelle der kariösen Höhle, an welcher zum Vergleich das kranke Dentin bis zum gesunden Gewebe entfernt war, zeigte sich jedoch keine Farbveränderung des Zahnbeins, wodurch eine, wenn auch nicht sehr scharfe, so doch immer noch wahrnehmbare Demarkationslinie entstanden war.

5.

Vorversuch mit Cobaltchlorürlösung.

Ein oberer Eckzahn mit Dentinkaries wurde hier als Versuchsobjekt verwandt. Die erkrankte Stelle des Zahnes wurde von der oberflächlichen Karies und Detritus befreit und mit Watte getrocknet. Hierauf wurde 5-prozentige Cobaltchlorürlösung in die Zahnhöhle hineingetupft. Eine schwach rötliche Verfärbung des kariösen Dentins zeigte die Reduktion der Cobaltchlorürlösung durch die Karies an. Zur Kontrolle, ob auch normales Dentin eine Farbreaktion zeigte, war auf einer Stelle der Zahnhöhle die Karies bis zum

gesunden Gewebe weggebohrt worden. Es zeigte sich hier aber keine Veränderung des Farbtones. Ein Versuch, die Reduktion der Cobaltchlorürlösung durch Applikation von 40-prozentiger Formalinlösung zu verstärken und dadurch eine Intensivierung der schwach rötlichen Färbung des kariösen Gewebes herbeizuführen, lief negativ aus. Die Demarkationslinie war demgemäß ziemlich undeutlich.

6.

Vorversuch mit Selenalkalilösung.

Ein tief zerstörter Molar, wurde, nachdem die kariöse Höhle trocken getupft war, sagittal so durchschnitten, daß krankes und gesundes Dentin zwecks Vergleichung des Untersuchungsergebnisses in einer Ebene nebeneinander lag. Hierauf wurde mit einem Wattebausch 5-prozentige Selenalkalilösung auf die Schnittfläche getupft. Das kranke Dentin zeigte aber keine Farbveränderung, auch nicht, als zwecks evtl. Verstärkung der Reduktion der Selenalkalilösung 40-prozentige Formalinlösung auf die zu untersuchenden Partien appliziert worden war. Das Selenalkali erwies sich also für unsere Zwecke als ungeeignet. Auch 10-prozentige Selenalkalilösung und nachträgliche Reduktion mit Hg führte zu keinem Ergebnis.

Nach diesen eben beschriebenen am Phantom angestellten Experimenten lag es nahe zu prüfen, ob auch an kariösen Zähnen Lebender dieselben Reduktionserscheinungen zu beobachten seien. Es wurden diesbezüglich zahlreiche Versuche angestellt, deren Ergebnisse im folgenden wiedergegeben werden sollen.

I.

Versuche mit Osmiumsäure.

Fall 1. Patientin Fräulein S. $\overline{|8}$ zeigt Zentralkaries im Dentin. Der Zahn wurde unter Zuhilfenahme von Egglers Automaton mit Watterollen trocken gelegt und die Zahnhöhle selbst mit trockener Watte sorgfältig

von Speiseresten und Speichel gereinigt. Dann wurde zur Kontrolle nach der mesialen Seite eine kleine Partie der Karies weggebohrt, bis mit der Sonde und auch durch die dem gesunden Zahnbein eigene helle Farbe kenntlich wurde, daß das kariöse Gewebe an dieser Stelle entfernt war. Nun wurde 2-prozentige Osmiumsäure sehr vorsichtig, ohne daß die Interdentalpapillen verätzt wurden, in die Zahnhöhle hineingetupft. Eine spontane Schwarzfärbung des kariösen Dentins bewies, daß metallisches Osmium sich infolge der Reduktion der Osmiumsäure durch das organische kariöse Gewebe niedergeschlagen hatte. Durch das feste Zahnbein, das zum Vergleich diente, wurde die Osmiumsäure nicht reduziert. Es zeigte sich demgemäß auch keine Veränderung der Farbe des gesunden Dentins. Die Grenze zwischen kariösem und nicht kariösem Zahnbein war sehr scharf und mit dem bloßen Auge gut erkennbar.

Da die Versuchsanordnung bei den nachfolgend untersuchten Fällen dieselbe ist wie im Fall 1, so werde ich, um ermüdende Wiederholungen zu vermeiden, die weiteren Untersuchungen in Form einer Tabelle wiedergeben.

	Reduktion der Osmiumsäure durch Karies und der hierdurch bewirkte Farbumschlag	Reduktion der Osmiumsäure durch nicht kariöses Dentin und der hierdurch bewirkte Farbumschlag	Demarkationslinie
Fall 2 Frl. R. $\frac{6}{\|}$ mit Zentralkaries im Dentin	+ schwarz	—	scharf
Fall 3 Frau K. $\frac{1}{\|}$ mit mesialer Dentinkaries	+ schwarz	—	scharf
Fall 4 Frl. B. $\frac{6}{\|}$ mit zentraler Dentinkaries	+ schwarz	—	scharf

	Reduktion der Osmiumsäure durch Karies und der hierdurch bewirkte Farbumschlag	Reduktion der Osmiumsäure durch nicht kariöses Dentin und der hierdurch bewirkte Farbumschlag	Demarkationslinie
Fall 5 Herr S. $\overline{6}$| tiefes Kariesrezidiv	+ schwarz	—	scharf
Fall 6 Frl. B. |$\underline{6}$ mit distaler Dentinkaries	+ schwarz	—	scharf
Fall 7 Frau K. |$\underline{1}$ mit distaler Dentinkaries	+ schwarz	—	scharf
Fall 8 Herr S. $\overline{\|8}$ mit zentraler Dentinkaries	+ schwarz	—	scharf
Fall 9 Frl. R. |$\underline{6}$ mit tiefer Karies	+ schwarz	—	scharf
Fall 10 Frl. C. $\overline{\|7}$ Zentralkaries im Dentin	+ schwarz	—	scharf
Fall 11 Herr G. $\overline{7}$| Kariesrezidiv im Dentin	+ schwarz	—	scharf
Fall 12 Kind Z. $\overline{6}$| mit mesialer Dentinkaries	+ schwarz	—	scharf
Fall 13 Herr P. $\overline{\|7}$ Zentralkaries im Dentin	+ schwarz	—	scharf
Fall 14 Frau J. |$\underline{6}$ mit mesialer Dentinkaries	+ schwarz	—	scharf

II.

Versuche mit 1-prozentiger Goldchloridlösung.

Fall 15. Herr G. $\overline{4}$\| mit distaler Dentinkaries wurde mit Hilfe des Automaton trocken gelegt und die Zahnhöhle mit einem Wattebausch von Speichel und lockerem, kariösem Gewebe gereinigt. Dann wurde 1-prozentige Goldchloridlösung mit einem Wattetupfer in

die Karies hineingerieben. Hierdurch wurde noch keine deutlich hervortretende Verfärbung der Karies sichtbar, ein Zeichen dafür, daß das kariöse Gewebe allein noch keine genügende Reduktion der Goldchloridlösung bewirkte. Sobald aber 40-prozentige Formalinlösung auf die zu untersuchende Gegend mit einem Wattebausch appliziert wurde, trat eine dunkelbraune Verfärbung des kranken Zahnbeins sehr deutlich hervor. Diese Reaktion ist als eine kombinierte Reduktionswirkung des kariösen Dentins und des Formalins gegenüber dem Goldchlorid aufzufassen. Zum Vergleich war anfangs an einer Stelle des kariösen Herdes das kranke Gewebe bis zum gesunden Dentin mit dem Bohrer entfernt worden. Dieses nicht pathologisch veränderte Zahnbein behielt seine ursprüngliche Farbe, reduzierte also nicht das Goldchlorid. Die Demarkationslinie war auch bei dieser Versuchsreihe sehr scharf.

Weitere Versuche siehe in folgender Tabelle.

	Reduktion von Goldchlor. durch Karies und Farbumschlag	Reduktion von Goldchlor. durch Karies und Formalin und Farbumschlag	Reduktion von Goldchlor. durch nicht kar. Dentin und Farbumschlag	Demarkationslinie
Fall 16 Herr F. $\overline{5}$| m. tief. mes. Karies	gering	+ dunkelbraun	—	scharf
Fall 17 Fr. V. $\overline{6}$| m. Sekund.-Karies	„	+ „	—	„
Fall 18 Frau Sch. $\underline{5}$| m. Dentin-Karies	„	+ „	—	„
Fall 19 Herr P. |$\overline{6}$ Zentr. Dent.-Karies	„	+ „	—	„

	Reduktion von Goldchlor. durch Karies und Farbumschlag	Reduktion von Goldchlor. durch Karies und Formalin und Farbumschlag	Reduktion von Goldchlor. durch nicht kar. Dentin und Farbumschlag	Demarkationslinie
Fall 20 Herr F. 6| m. mes. Dent.-Kar.	gering	+ dunkelbraun	—	scharf
Fall 21 Herr Sch. 6| m. Zentr.-Karies	„	+ „	—	„
Fall 22 Frl. S. 6| m. zentral. Dentin-Karies	„	+ „	—	„
Fall 23 Herr K. |4 m. mes. groß. Dent.-Karies	„	+ „	—	„
Fall 24 Herr L. 8| m. zentr.-dist. Dent.-Karies	„	+ „	—	„
Fall 25 Frl. L. |6 m. zentr. Dent.-Kar.	„	+ „	—	„
Fall 26 Kind v. d. V. |1 m. dist. Dent.-Kar.	„	+ „	—	„
Fall 27 Frau W. 4| Sekund.-Karies	„	+ „	—	„
Fall 28 Kind V. |2 m. mes. Dent.-Kar.	„	+ „	—	„

III.

Versuche mit kristallinischem Silbernitrat.

Fall 29. Herr K. $\lceil\overline{5}$ mit großer zentraler Dentinkaries. Die kariöse Höhle wurde mit einem Wattebausch

	Reduktion von Silbernitrat durch Karies und der hierdurch bewirkte Farbumschlag	Reduktion von Silbernitrat durch Karies und Formalin u. d. hierdurch bewirkte Farbumschlag	Reduktion von Silbernitrat d. nicht kariöses Dentin und d. hierdurch bewirkte Farbumschlag	Reduktion von Silbernitrat d. nicht kariöses Dentin und Formalin u. Farbumschlag	Demarkationslinie
Fall 30 Herr B $\underline{5}\rfloor$ m. Dentin-Karies	gering dunkelgelb	+ dunkel	gering dunkelgelb	+ dunkel	keine
Fall 31 Frau R. $\lceil\overline{4}$ m. mes. Dent.-Karies	„	+ „	„	+ „	„
Fall 32 Herr L. $\lceil\overline{6}$ m. Zentr.-Karies	„	+ „	„	+ „	„
Fall 33 Kind G. $\overline{6}\rfloor$ m. dist. Dent.-Karies	„	+ „	„	+ „	„
Fall 34 Frl. K. $\overline{7}\rfloor$ m. Zentr.-Karies	„	+ „	„	+ „	„

wieder trocken getupft und an einer gut übersichtlichen Stelle ein Teil des kranken Zahnbeins bis zum gesunden Gewebe entfernt. Dann wurden einige Silbernitrat-

Kristalle in die Höhle hineingetan und mit einem kugelförmigen Instrument fest in das kariöse und zum Vergleich des Resultats auch in das danebenliegende gesunde Dentin hineingerieben. Das kariöse Dentin verfärbte sich dunkelgelb, wodurch sich die teilweise Reduktion des Silbernitrats infolge der Einwirkung der kariösen organischen Substanz anzeigte. Das gesunde Dentin veränderte seine Farbe ebenfalls ein wenig. Eine gut abgesetzte Demarkationslinie war demnach nicht erzielt. Nachdem 40-prozentige Formalinlösung in die Zahnhöhle hineingetupft war, wurde das Silbernitrat im Bereiche des kariösen Zahnbeins deutlich mit dunkler Tönung reduziert. Eine Abgrenzung gegen das von Karies gesäuberte Dentin war aber auch jetzt nicht zu erreichen, da die an dieser Stelle fein verteilten Silbernitrat-Kristalle durch das Formalin auch reduziert wurden und dadurch eine Dunkelfärbung eintrat.

IV.

Versuche mit kristallinischem Kupferchlorür.

Fall 35. Herr S. $\overline{4}|$ mit zentraler Dentinkaries. Das kristallinische Kupferchlorür wurde in die mit einem Wattebausch von Speichel und Detritus gesäuberte kariöse Höhle fest hineingerieben. Die Kupferchlorür-Kristalle wurden noch nicht sichtbar durch die Karies reduziert. Nach Betupfen mit 40-prozentiger Formalinlösung zeigte sich aber nach einigen Augenblicken eine schwachgrünliche Verfärbung des kariösen Dentins als Beweis der durch das Formalin bewirkten Reduktion des Kupferchlorürs. Gesundes Zahnbein, das sich unmittelbar neben der Karies befand, reduzierte das Kupferchlorür nicht, zeigte demnach auch keine Farbveränderung, wodurch eine immerhin noch wahrnehmbare Demarkationslinie zwischen kariösem und nicht kariösem Dentin entstand.

	Reduktion von CuCl durch Karies und Farbumschlag	Reduktion von CuCl durch Karies und Formalin und Farbumschlag	Reduktion von CuCl durch nicht kariöses Dentin und Farbumschlag	Reduktion von CuCl durch nicht kariöses Dentin und Formalin und Farbumschlag	Demarkationslinie
Fall 36 Herr T. 3| m. mes. Dent.-Karies	nicht sichtbar	sichtbar, schwach grünl. Färbung	—	—	nicht deutl., aber wahrnehmbar
Fall 37 Frl. U. 2| m. dist. Kar.	„	„	—	—	„
Fall 38 Frl. Sch. 7| m. Zentr.-Kar. i. Dentin	„	„	—	—	„
Fall 39 Herr E. 6| m. Zentr.-Karies	„	„	—	—	„
Fall 40 Frau C. |4 m. Zentr.-Kar. i. Dentin	„	„	—	—	„

V.

Versuche mit Cobaltchlorür.

Fall 41. Herr N. $\overline{6}$| mit Zentral-Karies im Dentin. Die kariöse Höhle wurde wieder mit Watte trocken getupft und ein Teil der Karies bis zum gesunden normalen Dentin entfernt, um die Reaktion auf beiden Geweben beobachten zu können. Hierauf wurde 5-prozentige Cobaltchlorürlösung in die Zahnhöhle hineinappliziert. Nach einiger Zeit zeigte eine ganz schwach rötliche Verfärbung des kariösen Dentins die Reduktion der Cobaltchlorürlösung durch die Karies

an. Das normale Dentin zeigte keine Farbveränderung, reduzierte also nicht. Durch Uebertupfen mit 40-prozentiger Formalinlösung wurde versucht, die Reduktion des Cobaltchlorürs zu verstärken und eventuell eine augenfälligere Farbreaktion zu erzielen. Dieser Versuch gelang aber nicht. Die Demarkationslinie war in dieser Versuchsreihe wenig sichtbar.

	Reduktion von Cobaltchlorür d. Karies und Farbumschlag	Reduktion von Cob.-Chlorür d. Karies u. Formalin, Farbumschlag	Reduktion von Cob.-Chlorür d. nicht kar. Dentin, Farbumschlag	Reduktion von Cob.-Chlorür d. nicht kar. Dentin und Formalin. Farbumschl.	Demarkationslinie
Fall 42 Frl. G. $\overline{7}$| m. mes. Dent.-Karies	gering, schwach rötlich	gering, schwach rötlich	—	—	wenig sichtbar
Fall 43 Frau W. |$\underline{5}$ m. mes. Dent.-Karies	„	„	—	—	„
Fall 44 Herr Kr. $\overline{6}$| m.Zentr.-Kar.	„	„	—	—	„
Fall 45 Kind G. $\overline{6}$| m.Zentr.-Kar. im Dentin	„	„	—	—	„
Fall 46 Herr M. $\overline{8}$| m.Zentr.-Kar.	„	„	—	—	„

VI.

Versuche mit 5-prozentiger Selenalkalilösung.

Fall 47. Herr St. $\overline{7}$\| mit mesial. Dentinkaries. Die kariöse Höhle wurde mit einem Wattebausch gut trocken getupft und an einer Stelle wurde die Karies

bis zum gesunden Dentin entfernt, um die Einwirkung von Selenalkali auf gesundes und kariöses Dentin vergleichen zu können. Dann wurde mit einem Tupfer Selenalkali in die Zahnhöhle hineingewischt. Weder das kariöse noch das gesunde Dentin reduzierte das Selenalkali, was aus dem Umstande entnommen wurde, daß sich keine Farbreaktion zeigte. Nachträgliches Betupfen mit 40-prozentigem Formalin ergab gleichfalls keine makroskopisch sichtbare Reduktion von Selenalkali. Dieselben negativen Resultate wurden bei der Verwendung von 10-prozentiger und 20-prozentiger Selenalkalilösung erzielt.

	Reduktion v. Sel.-Alk. d. Karies, Farbumschlag	Reduktion v. Sel.-Alk. d. Karies u. Formalin, Farbumschlag	Reduktion v. Sel.-Alk. d. nicht kar. Dent., Farbumschlag	Reduktion v. Sel.-Alk. d. nicht kar. Dent. u. Formalin, Farbumschlag	Demarkationslinie
Fall 48 Herr U. $\underline{1}$ | m. mes. Dent.-Karies	—	—	—	—	keine
Fall 49 Herr B. 4 | m. mes. Dent.-Karies	—	—	—	—	„
Fall 50 Kind N. $\overline{6}$ | m.Zentr.-Kar.	—	—	—	—	„

Nach diesen Untersuchungen sei noch kurz erwähnt, daß auch Versuche mit einigen in der mikroskopischen Technik für Färbungen gebräuchlichen elektiven Farbstoffen, wie Safranin, Fuchsin, Lichtgrün, Bismarckbraun, Jodgrün und Wasserblau gemacht wurden. Sie führten aber schon bei den Vorversuchen makroskopisch zu keinem positiven Ergebnis, da sie die Karies nicht elektiv färbten und dadurch eine scharfe Demarkations-

linie zwischen kariösem und nichtkariösem Dentin nicht hervortrat, ganz abgesehen davon, daß die Farbstoffe durch die Dentinkanälchen weiter diffundierten und die Zähne verfärbten.

Zusammenfassung.

Die Reduktion gewisser Metallsalze hat sich als geeignet erwiesen, festzustellen, wie tief Karies in das Zahnbein eindringt. Maßgebend war hierfür eine Demarkationslinie, die sich bei Verwendung einiger Metallsalze durch Farbumschläge deutlich kennzeichnete. Die Reduktion der Metallsalze erklärt sich aus der reduzierenden Wirkung der nur bei der Dentin-, nicht aber bei der Schmelzkaries entstehenden Zerfallsprodukte von Eiweißstoffen.

Das augenfälligste Ergebnis zeigte sich bei der Verwendung der Osmiumsäure und des Goldchlorids, — letzteres unterstützt durch Formalin — durch Niederschlag von metallischem Osmium bzw. von metallischem Gold. Die schwarze resp. dunkelbraune Färbung des kariösen Dentins zeichnete sich scharf gegen das nicht reduzierende, daher seine Farbe nicht verändernde gesunde Zahnbein ab.

Kupfer- und Cobaltchlorür eignen sich wegen des wenig intensiven Farbunterschieds zwischen kariösem und nicht kariösem Dentin nicht gut, wenn auch eine Reduktion und damit ein grüner bzw. roter Farbumschlag durch nachträgliche Verwendung von Formalin erreicht wird.

Die Verwendung von Silbernitrat-Kristallen zeitigte ein negatives Resultat. Eine Grenzlinie zwischen pathologisch verändertem und normalem Dentin ergab sich nicht, da die sowohl im kariösen als auch auf dem gesunden Zahnbein befindlichen Kristallpartikelchen durch das Formalin reduziert wurden und sich daher eine einheitliche Färbung ergab.

Die Versuche mit Selenalkali und den Anilinfarbstoffen waren ganz ungeeignet, da im ersteren Falle durch mangelnde Reduktion überhaupt kein Farbumschlag eintrat, im letzteren Falle keine elektive Färbung des durch Karies veränderten Dentins zu beobachten war.

Zum Schluß möge noch darauf hingewiesen werden, daß der in vorliegender Arbeit vorgeschlagene Weg, kariöses Dentin makroskopisch nachzuweisen, in der Praxis nach unserer Ansicht in Zweifelsfällen mit Vorteil zu verwenden ist.

Ein diesbezüglicher Patientenversuch mit Osmiumsäure an einem zur Füllung vorbereiteten unteren Weißheitszahn, der an einer Stelle noch kariös scheinendes Dentin aufwies, bestätigte die Osmiumsäure als gutes Hilfsmittel, in diesem Falle Klarheit zu schaffen.

Am Ende meiner Ausführungen möchte ich nicht versäumen, meinem sehr verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Moral, für die Anregung zu dieser Arbeit und seine gütige Unterstützung hierbei auch an dieser Stelle meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Literatur-Verzeichnis.

Bielschowsky, Max: Die Silberimprägnation der Neurofibrillen. Journal f. Psychologie und Neurologie, Bd. III, 1904.

Black, G. V.: Konservierende Zahnheilkunde. Bd. I, Die Pathologie der harten Zahngewebe. Berlin 1914.

Hesse, R.: Referat über Orbàns Arbeit: Schmelz- und Zahnoberhäutchen. Schmelzlamellen und Büschel. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde, Berlin 1926.

Hofmann, Karl A.: Lehrbuch der organischen Chemie, Braunschweig 1919.

Kantorowicz, Alfred: Klinische Zahnheilkunde, Berlin 1924.

Miller, W. D.: Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde, 1903.

Orbàn: Schmelz- und Zahnoberhäutchen. Schmelzlamellen und Büschel. Zeitschrift für Stomatologie, 1926, Heft 2.

Preiswerk, Gustav: Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde. 1908.

Port u. Euler: Lehrbuch der Zahnheilkunde. München und Wiesbaden 1920. 2. u. 3. Auflage, herausgegeben von Euler.

Proell, F.: Studien über die harten Zahnsubstanzen in „Festschrift anläßlich der 25-Jahrfeier des zahnärztlichen Instituts der Universität Greifswald", Berlin 1926.

Romeis, Benno: Taschenbuch der mikroskopischen Technik, neubearbeitet von Böhm u. Oppel, München und Berlin. 1922.

Schmorl, G.: Die pathologisch-histologischen Untersuchungsmethoden. Leipzig 1928.

Lebenslauf.

Ich, Hermann, August, Valentin Sobisch, wurde am 15. September 1897 zu Rostock als Sohn des Werkmeisters R. Sobisch und seiner Ehefrau, geb. Vahl, geboren. Von Ostern 1904 bis Ostern 1913 besuchte ich die Realschule meiner Vaterstadt und ging nach bestandener Einjährigen-Prüfung auf das Real-Gymnasium in Rostock über. Hier bestand ich am 13. Dezember 1915 das Kriegsabiturium. Vom 1. August 1916 bis 6. Februar 1920 war ich im Kriegsdienst. Vom S.S. 1920 bis S.S. 1925 studierte ich an den Universitäten Rostock und Würzburg Rechtswissenschaften, vom Winter-Semester 1925/26 ab in Rostock Zahnheilkunde. Hier bestand ich am 8. Dezember 1928 das zahnärztliche Staatsexamen mit „Gut". Das Wintersemester 1928/29, das mir für die zur Promotion vorgeschriebene Anzahl von zahnärztlichen Semestern noch fehlte, hatte ich ordnungsmäßig belegt und zur Anfertigung der Doktorarbeit benutzt.